



УДК 613.31: 543.3 (048.8)

## ХИМИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОДЫ ПРИРОДНОГО ПАРКА «НЕЖЕГОЛЬ»

**Л.Ф. Перистая**  
**И.В. Индина**  
**В.А. Перистый**  
**Ю.Н. Козырева**

*Белгородский государственный  
национальный  
исследовательский  
университет*

*Россия, 308015 Белгород,  
ул. Победы, 85*

*E-mail: peristaya@bsu.edu.ru*

Проведено исследование химического состава речной и питьевой воды природного парка «Нежеголь» по 14 показателям. Установлено, что экологическое состояние реки Нежеголь является удовлетворительным. Водопроводная вода по показателю общей жесткости превышает гигиенические требования, а по остальным показателям соответствует нормативам качества для питьевых вод. Минеральная вода из бювета по большинству показателей превосходит по качеству водопроводную воду, по содержанию фторид-ионов она может составить конкуренцию некоторым минеральным водам, производимым в Белгородской области.

Ключевые слова: речная вода, питьевая вода, катионно-анионный состав, основные микроэлементы, показатели безопасности.

### Введение

К началу 21 века актуальной стала проблема качества поверхностных и подземных пресных вод. Это обусловлено рядом обстоятельств. Во-первых, в мире отмечается дефицит пресной воды. Только три страны (Бразилия, Канада и Россия) имеют достаточный запас пресной воды, остальные – испытывают ее недостаток [1]. Во-вторых, отмечается снижение качества пресных вод из-за ухудшения экологической обстановки (усиления антропогенной нагрузки, воздействия техногенных систем на природные объекты). Для России актуальна вторая проблема.

Санитарное состояние большей части открытых водоемов России в последние годы улучшилось из-за уменьшения сброса стоков промышленных предприятий, но все еще остается тревожным. Несмотря на относительную защищенность подземных вод от загрязнений, благодаря чему их стремятся использовать для питьевого водоснабжения, к настоящему времени обнаружено около 1800 очагов их загрязнения, 78% которых – в европейской части страны. В то же время в ряде регионов отмечается дефицит питьевой воды [2].

Для питьевого водоснабжения в различных странах используются как подземные, так и поверхностные природные воды. В Белгородской области используются только подземные воды [3].

Особую актуальность приобретает соответствие гигиеническим требованиям химического состава воды в рекреационных зонах, местах отдыха населения (санаториях, домах и базах отдыха, детских лагерях и т.д.), где вода является важнейшим фактором оздоровления.

Белгородский государственный университет создал базу отдыха «Титовка» недалеко от г. Шебекино на живописном берегу реки Нежеголь (приток Северского Донца), где есть все условия для оздоровления сотрудников и студентов. Ныне это природный парк Нежеголь [4], комплексное исследование которого относится к приоритетному направлению научных исследований БелГУ (Управление природными ресурсами, их использование и охрана). Тема данного исследования относится к приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники в РФ (Рациональное природопользование) и входит в перечень критических технологий РФ (Технология мониторинга и прогнозирования состояния гидросферы).

Целью настоящей работы является оценка качества поверхностных и подземных вод природного парка «Нежеголь» по химическому составу.



### Методы исследования

Для исследования были взяты пробы речной, водопроводной воды и воды из бювета (добываемой с глубины 471 м) природного парка «Нежеголь».

Общую жесткость, содержание ионов кальция, магния, гидрокарбонат-, сульфат- и хлорид-ионов определяли титриметрическим методом по соответствующим ГОСТам [5-8]. Кислотно-основные свойства воды определяли потенциометрическим методом. Концентрацию микроэлементов (йодид- и фторид-ионов) определяли по стандартным методикам [5]. Для определения концентрации йодид-ионов использовали фотометрический метод, основанный на катализирующем действии йодид-иона на реакцию окисления роданид-иона железа (III). Концентрацию фторид-ионов в воде определяли ионометрическим методом с использованием F-селективного электрода. Содержание показателей безопасности (массовой концентрации нитрат-ионов и тяжелых металлов) определяли спектрофотометрическим методом по соответствующим ГОСТам [9-12].

### Результаты и их обсуждение

#### Речная вода природного парка «Нежеголь»

В табл. 1 приведены результаты определения химического состава речной воды природного парка «Нежеголь». Сравним их с гигиеническими нормативами для водных объектов культурно-бытового [13] и рыбохозяйственного водопользования [14].

Таблица 1  
Характеристика химического состава воды  
в реке Нежеголь

Показатели	Полученные данные	ПДК	
		Для водоемов КБВ	Для водоемов РХВ
<i>pH</i>	7.42	6.5-8.5	6.5-8.5
Ж, ммоль/л	6.6	-	-
$Ca^{2+}$ , мг/л	102.0	-	180
$Mg^{2+}$ , мг/л	16.2	-	40
$HCO_3^-$ , мг/л	191.9	-	-
$SO_4^{2-}$ , мг/л	175.6	500	100
$Cl^-$ , мг/л	32.7	350	300
$F^-$ , мг/л	0.34	1.5	0.05
$I^-$ , мг/л	0.03	-	-
$NO_3^-$ , мг/л	1.17	45	40
$Fe$ (общ), мг/л	0.17	0.3	0.05
$Cu$ , мг/л	0.12	1.0	0.005
$Cr$ (III), мг/л	0.001	0.5	0.07
$Cr$ (VI), мг/л	0.006	0.05	0.02

Исследования показали, что кислотно-основные свойства воды в реке Нежеголь ( $pH = 7.42$ ) удовлетворяют установленным требованиям, предъявляемым для водоемов культурно-бытового (КБВ) и рыбохозяйственного водопользования (РХВ).

Вода в реке «Нежеголь» по значению общей жесткости удовлетворяет нормативам для водоемов культурно-бытового и рыбохозяйственного водопользования.

Главными источниками поступления кальция в поверхностные воды являются процессы химического выветривания и растворения минералов (известняков, доломитов, гипса, кальцийсодержащих силикатов). Большие ко-

личества кальция выносятся со сточными водами силикатной, металлургической, стекольной, химической промышленности и со стоками сельскохозяйственных угодий, особенно при использовании кальцийсодержащих минеральных удобрений. Характерной особенностью кальция является склонность образовывать в поверхностных водах довольно устойчивые пересыщенные растворы  $CaCO_3$ . Ионная форма ( $Ca^{2+}$ ) характерна только для маломинерализованных природных вод. Известны довольно устойчивые комплексные соединения кальция с органическими веществами, содержащимися в воде. В речных водах содержание кальция редко превышает 1 г  $Ca^{2+}$ /дм<sup>3</sup>. Обычно же его концентрации значительно ниже [15]. Концентрация кальция в поверхностных водах подвержена заметным сезонным колебаниям. В период понижения минерализации (весна) ионам кальция принадлежит преобладающая роль, что связано с легкостью выщелачивания растворимых солей кальция из поверхностного слоя почв и пород [16, 17].



Исследования показали, что содержание ионов кальция (102.0 мг/л) в воде реки Нежеголь не превышает предельно допустимых значений для водоемов культурно-бытового и рыбохозяйственного водопользования.

Магний очень редко выступает в качестве преобладающего катиона. В большинстве природных вод магний играет подчиненную роль, несмотря на близкую к кальцию распространенность в природе. В поверхностные воды магний поступает в основном за счет процессов химического выветривания и растворения доломитов, мергелей и других минералов. Значительные количества магния могут поступать в водные объекты со сточными водами металлургических, силикатных, текстильных и других предприятий [15, 16].

Содержание ионов магния (16.2 мг/л) в речной воде природного парка «Нежеголь» значительно меньше, чем ионов кальция. По данному показателю вода в реке Нежеголь удовлетворяет требованиям для водоемов культурно-бытового и рыбохозяйственного водопользования.

Из литературных данных известно, что большая часть (около 80%) поверхностных вод относится к гидрокарбонатному классу, так как среди главных анионов в них преобладают гидрокарбонаты. Класс гидрокарбонатных вод объединяет пресные и ультрапресные воды рек, озер и включает значительное количество подземных вод. В поверхностных водах гидрокарбонат-ионы присутствуют главным образом в растворенном состоянии. В речных водах их содержание колеблется от 30 до 500 мг/л. Концентрация этих ионов подвержена заметным сезонным колебаниям [15, 16, 17].

Концентрация гидрокарбонат-ионов в воде реки Нежеголь составляет 191.9 мг/л. Это позволяет отнести речную воду природного парка «Нежеголь» к гидрокарбонатным водам.

Сульфат-ионы присутствуют практически во всех поверхностных и подземных водах и относятся к важнейшим анионам, определяющим качество и класс вод. Главным источником сульфат-ионов в поверхностных водах являются процессы растворения серосодержащих минералов (в основном гипса) и окисления сульфидов и серы. Значительные количества сульфатов также поступают в водоемы с подземным стоком и в процессе отмирания организмов и окисления наземных и водных веществ растительного и животного происхождения. Сульфат-ионы выносятся также со сточными водами коммунального хозяйства и сельскохозяйственного производства [18, 19].

Анализ полученных нами данных показывает, что в речной воде превышения предельно допустимой концентрации сульфат-ионов не установлено. Однако их содержание (175,6 мг/л) не удовлетворяет требованиям для воды рыбохозяйственного водопользования. Такое повышенное содержание сульфат-ионов в реке можно объяснить поступлением в нее коммунально-бытовых и промышленных стоков г. Шебекино.

Хлорид-ион – важнейший показатель минерализации природных вод. Его первичными источниками являются магматические породы, в состав которых входят хлорсодержащие минералы. В речных водах и водах пресных озер их содержание колеблется от долей миллиграмма до десятков, сотен, а иногда тысяч миллиграммов на литр [18, 19].

Проведенные исследования показали, что содержание хлорид-ионов (32.7 мг/л) в речной воде парка «Нежеголь» не превышает установленных нормативов для воды культурно-бытового и рыбохозяйственного водопользования. Так как содержание хлорид-ионов незначительно, то воду в реке Нежеголь нельзя отнести к хлоридному классу вод.

В речные воды фтор поступает из пород и почв при разрушении фторсодержащих минералов (апатит, турмалин) с почво-грунтовыми водами и при непосредственном смыве поверхностными водами. Источником фтора также служат атмосферные осадки. Повышенное содержание фтора может быть в некоторых сточных водах предприятий стекольной и химической промышленности (производство фосфорных удобрений, стали, алюминия), в некоторых видах шахтных вод и в сточных водах рудообогатительных фабрик. В природных водах фтор находится в виде фтор-иона  $F^-$  и комплексных ионов  $[AlF_6]^{3-}$ ,  $[FeF_4]^-$ ,  $[FeF_5]^{2-}$ ,  $[FeF_6]^{3-}$ ,  $[CrF_6]^{3-}$ ,  $[TiF_6]^{2-}$ . Миграционная способность фтора в природных водах в значительной степени зависит от содержания в



них ионов кальция, дающих с ионами фтора малорастворимое соединение. Содержание фтора в речных водах колеблется от 0.05 до 1.9 мг/дм<sup>3</sup>, в атмосферных осадках - от 0.05 до 0.54 мг/дм<sup>3</sup>, иногда достигая насыщения по отношению к  $CaF_2$  [18]. Фтор является устойчивым компонентом природных вод. Внутригодовые колебания концентрации фтора в речных водах невелики (обычно не более, чем в 2 раза). Фтор поступает в реки преимущественно с грунтовыми водами. Содержание фтора в паводковый период всегда ниже, чем в межень, так как понижается доля грунтового питания [19].

Наши исследования показали, что содержание фторид-ионов (0.34 мг/л) в речной воде не превышает предельно допустимого значения для воды культурно-бытового водопользования. Однако для воды рыбохозяйственного водопользования наблюдается превышение ПДК почти в 7 раз.

Рассеянный йод выщелачивается природными водами из магматических горных пород и концентрируется организмами, например водорослями. Также йод концентрируется в почвах и илах. Важным источником йода в водах являются дождевые осадки, захватывающие йод из атмосферы, в которую он приносится ветром со стороны моря [20]. Источниками поступления йода в поверхностные воды являются атмосферные осадки, воды нефтяных месторождений и сточные воды некоторых отраслей химической и фармацевтической промышленности. В речных водах концентрация йода составляет 1-74 мкг/дм<sup>3</sup>, в атмосферных осадках 0-65 мкг/дм<sup>3</sup> [19]. Содержание йода учитывается при санитарной оценке природных вод. Предельно допустимое значение содержания йодид-ионов не установлено.

Содержание йодид-ионов в воде реки Нежеголь составило 0.03 мг/л.

Нитрат-ионы относятся к распространенным загрязнителям поверхностных и подземных вод. Они попадают в природные воды с промышленными и хозяйственно-бытовыми сточными водами (после биологической очистки содержание нитрат-ионов может достигать 50 мг/л), со сточными водами сельскохозяйственных угодий и со сбросными водами с орошаемых полей, на которых применяются азотные удобрения [18].

Проведенное нами исследование показало, что содержание нитрат-ионов в речной воде составляет 1,17 мг/л, что не превышает предельно допустимого значения.

Главными источниками соединений железа в поверхностных водах являются процессы химического выветривания горных пород, сопровождающиеся их механическим разрушением и растворением. В процессе взаимодействия с содержащимися в природных водах минеральными и органическими веществами образуется сложный комплекс соединений железа, находящихся в воде в растворенном, коллоидном и взвешенном состоянии. Значительные количества железа поступают с подземным стоком и со сточными водами предприятий металлургической, металлообрабатывающей, текстильной, лакокрасочной промышленности и с сельскохозяйственными стоками. Растворенное железо представлено соединениями, находящимися в ионной форме, в виде гидроксокомплекса и комплексов с растворенными неорганическими и органическими веществами природных вод. В ионной форме мигрирует главным образом  $Fe(II)$ , а  $Fe(III)$  в отсутствие комплексообразующих веществ не может в значительных количествах находиться в растворенном состоянии. В результате химического и биохимического (при участии железобактерий) окисления  $Fe(II)$  переходит в  $Fe(III)$ , который, гидролизуясь, выпадает в осадок в виде  $Fe(OH)_3$ . Как для  $Fe(II)$ , так и для  $Fe(III)$  характерна склонность к образованию гидроксокомплексов типа  $[Fe(OH)_2]^+$ ,  $[Fe_2(OH)_2]^{4+}$ ,  $[Fe_2(OH)_3]^{3+}$ ,  $[Fe(OH)_3]^-$  и других, сосуществующих в растворе в разных концентрациях в зависимости от pH и в целом определяющих состояние системы железо-гидроксил. Содержание железа в поверхностных водах суши составляет десятые доли миллиграмма, вблизи болот – единицы миллиграммов. Повышенное содержание железа наблюдается в болотных водах, в которых оно находится в виде комплексов с солями гуминовых кислот – гуматами [21].

Исследование показало, что в речной воде содержание общего железа (0.17 мг/л) меньше ПДК для водоемов культурно-бытового назначения, но выше, чем для водоемов рыбохозяйственного водопользования.



Содержание меди в природных пресных водах колеблется от 2 до 30 мкг/дм<sup>3</sup>. В природных водах наиболее часто встречаются соединения  $Cu(II)$ . Из соединений  $Cu(I)$  наиболее распространены труднорастворимые в воде  $Cu_2O$ ,  $Cu_2S$ ,  $CuCl$ . При наличии в водной среде лигандов наряду с равновесием диссоциации гидроксида необходимо учитывать образование различных комплексных форм, находящихся в равновесии с акваионами металла [16]. Основным источником поступления меди в природные воды являются сточные воды предприятий химической, металлургической промышленности, шахтные воды, альдегидные реагенты, используемые для уничтожения водорослей. Медь может появляться в результате коррозии медных трубопроводов и других сооружений, используемых в системах водоснабжения [15].

Проведенное исследование показывает, что в воде реки Нежеголь содержание меди не превышает ПДК (1 мг/л). Однако следует заметить, что вода по этому показателю не может удовлетворять требованиям, предъявляемым к водоемам рыбохозяйственного назначения.

По литературным данным, в водной среде могут происходить обратимые реакции превращения  $Cr^{+6}$  в  $Cr^{+3}$ . Поступающий из антропогенных источников  $Cr^{+6}$  в пресных водах восстанавливается до  $Cr^{+3}$ , а затем сорбируется взвесью и донными осадками. Поступление бытовых стоков в реки вызывает резкое падение содержания растворенного кислорода и образования сероводорода, являющегося восстановителем. Это в 2.5–3 раза снижает долю  $Cr^{+6}$  от общего содержания хрома в растворе [22]. Восстановление  $Cr^{+6}$  сопровождается увеличением  $pH$ , а обратный процесс – окисление  $Cr^{+3}$  приводит к уменьшению  $pH$ .

Наши исследования реки «Нежеголь» в районе с. Титовка, проведенные в октябре 2010 г, показали, что концентрация хрома общего составила 0.007 мг/л. Содержание хрома  $Cr^{+6}$  составило 0.006 мг/л, а  $Cr^{+3}$  – 0.001 мг/л, что ниже ПДК для водоемов культурно-бытового и рыбохозяйственного водопользования.

Для оценки современного экологического состояния реки Нежеголь был проведен сравнительный анализ полученных нами данных с результатами исследований, проведенных более 10 лет назад. Концентрация хрома общего в октябре 1999 г. в реке «Нежеголь» составляла: в районе с. Ржевка (верховье реки) – 0.12 мг/л, в районе с. Титовка (низовье реки) – 0.22 мг/л, что на порядок выше, чем стало в 2010 г. [23].

Более высокое содержание  $Cr^{+6}$  по сравнению с  $Cr^{+3}$  в реке Нежеголь можно объяснить тем, что на Шебекинском кожевенном заводе используются следующие соли хрома: хромокалиевые квасцы  $KCr(SO_4)_2 \cdot 12 H_2O$ , бихромат калия  $K_2Cr_2O_7$  и бихромат натрия  $Na_2Cr_2O_7$ , которые применяются при дублении кожи.

### **Питьевые воды природного парка «Нежеголь»**

В таблице 2 приведены данные определения химического состава водопроводной воды и воды из бювета природного парка «Нежеголь». Для оценки их качества даны значения ПДК соответствующих ионов в воде централизованных систем питьевого водоснабжения (ЦСПВ) [24], нормативы качества расфасованных питьевых вод и нормативы физиологической полноценности питьевых вод [25].

Важными показателями качества питьевой воды являются  $pH$  и общая жесткость. Анализ полученных данных позволяет сказать, что по показателю кислотно-основных свойств ( $pH=7.38$ ) водопроводная вода природного парка «Нежеголь» не превышает установленные предельно допустимые значения и относится к слабощелочным водам. По значению  $pH$  (7.44) вода из бювета также относится к категории слабощелочных вод и удовлетворяет нормативам качества для вод первой и высшей категории.

Общая жесткость (7.7 ммоль/л) водопроводной воды превышает установленный норматив. По данному показателю исследуемую воду можно отнести к группе вод средней жесткости. По значению общей жесткости (0.4 ммоль/л) минеральная вода из бювета, в отличие от водопроводной воды, относится к мягким водам ( $Ж < 1.5$  ммоль/л) и удовлетворяет установленным нормативам для вод первой категории.



Таблица 2

**Характеристика химического состава питьевой воды природного парка «Нежеголь»**

Показатели	Полученные данные		ПДК воды ЦСПВ	Нормативы качества расфасованных пить- евых вод, не более		Норматив физиологи- ческой пол- ноценности питьевых вод
	Водопр- водная вода	Вода из бювета		первой- катего- рии	высшей категории	
pH	7.38	7.44	6-9	6.5-8.5		-
Ж, ммоль/л	7.7	0.4	7.0	7.0	1.5-7.0	1.5-7.0
$Ca^{2+}$ , мг/л	149.0	7.0	-	130	25-80	25-130
$Mg^{2+}$ , мг/л	3.0	0.6	-	65	5-50	5-65
$HCO_3^-$ , мг/л	306.3	221.4	-	400	30-400	30-400
$SO_4^{2-}$ , мг/л	0.40	54.2	500	250	150	-
$Cl^-$ , мг/л	28.4	32.7	350	250	150	-
$F^-$ , мг/л	0.48	1.53	1.5	1.5	0.6-1.2	0.5-1.5
$I^-$ , мг/л	0.05	0.132	0.125	0.125	0.04-0.06	0.01-0.125
$NO_3^-$ , мг/л	0.77	0.47	45	20	5	-
$Fe$ (общ), мг/л	0.20	0.03	0.3	0.3	0.3	-
$Cu$ , мг/л	0.47	0.06	1.0	1.0	1.0	-
$Cr$ (III), мг/л	0.009	0.006	0.5	0.5	-	-
$Cr$ (VI), мг/л	0.003	-	0.05	0.05	0.03	-

Для оценки качества питьевых вод определяют содержание главных ионов, к которым относят три катиона (кальций  $Ca^{2+}$ , магний  $Mg^{2+}$  и натрий  $Na^+$ ) и три аниона (гидрокарбонат  $HCO_3^-$ , хлорид  $Cl^-$  и сульфат  $SO_4^{2-}$ ).

Концентрация кальция в водопроводной воде несколько превышает норматив физиологической полноценности питьевых вод, а содержание магния не достигает нижнего значения этого норматива. Содержание кальция (7.0 мг/л) и магния (0.6 мг/л) в воде из бювета не соответствует нормативам качества для вод высшей категории и нормативам физиологической полноценности. Незначительное содержание ионов кальция и магния в воде из бювета не позволяет считать ее полной альтернативой водопроводной воде, так как постоянное применение исследуемой минеральной воды может отрицательно сказаться на сердечно-сосудистой и костной системах [26].

Минеральные воды, содержащие гидрокарбонатные ионы, нормализуют секреторную и двигательную функции желудка и кишечника. Под влиянием гидрокарбонатных вод в организме уменьшается содержание ионов водорода, которые являются исходным материалом для выработки соляной кислоты. Присутствие в воде ионов  $HCO_3^-$  способствует лучшему всасыванию в кишечнике некоторых микроэлементов, в частности железа [27]. Содержание гидрокарбонат-ионов сильно колеблется в грунтовых водах от 150 до 300 мг/дм<sup>3</sup>, в подземных водах от 150 до 900 мг/дм<sup>3</sup>.

Содержание гидрокарбонат-ионов в исследуемых питьевых водах соответствует всем установленным нормативам. В водопроводной воде и в воде из бювета содержится значительно количество данного аниона, соответственно 306.3 мг/л и 221.4 мг/л. Таким образом, питьевые воды природного парка «Нежеголь» можно отнести к классу гидрокарбонатных вод.

Воды, в которых преобладает сульфат-ион, относятся к классу сульфатных. В этих водах сульфат-ион чаще всего сочетается с катионами натрия (глауберовые воды), магния (горькие воды) и кальция (гипсовые воды). Сульфатные воды заметно снижают активность желудочной секреции, обладают выраженным влиянием на кишечник. При повышенной минерализации они почти не всасываются в кишечнике, раздражают слизистую оболочку, усиливают перистальтику. Горькие воды увеличивают образование желчи печеночными клетками, оказывают желчегонное действие, снижают воспалительные явления в желчном пузыре и препятствуют образованию

желчных камней. Гипсовые воды уплотняют сосудистую стенку, уменьшают воспалительные явления в желудке, кишечнике и мочевыводящих путях. Все сульфатные воды повышают обменные процессы. Ионная форма  $SO_4^{2-}$  характерна только для мало-минерализованных вод. При увеличении минерализации сульфат-ионы могут образовывать устойчивые соединения типа  $CaSO_4$ ,  $MgSO_4$  [27].

Содержание сульфат-ионов в водопроводной воде природного парка «Нежеголь» не превышает предъявляемые требования для воды централизованных систем питьевого водоснабжения. В исследуемой воде наблюдается недостаток этого аниона, его содержание составляет всего 0.40 мг/л. Содержание сульфат-ионов (54.2 мг/л) в минеральной воде парка «Нежеголь» не превышает установленных нормативов качества для воды высшей категории. По данному показателю вода из бювета и водопроводная вода не относятся к классу сульфатных вод.

Хлоридные минеральные воды повышают обменные процессы, вызывают желчегонный эффект, а при длительном приеме способствуют увеличению кислотности желудочного сока. В сочетании с ионами кальция оказывают противовоспалительное действие, снижают проницаемость клеточных мембран, уменьшают кровоточивость, оказывают благоприятное действие на рост костной ткани и зубов. В морских и подземных водах содержание хлоридов значительно выше, чем в речных водах – вплоть до пересыщенных растворов и рассолов [27]. Хлориды являются преобладающим анионом в высокоминерализованных водах. Если в питьевой воде есть ионы натрия, то концентрация хлорида выше 250 мг/дм<sup>3</sup> придает воде соленый вкус.

Концентрация хлорид-ионов (28.4 мг/л) в воде ЦСПВ и в минеральной воде из бювета (32.7 мг/л) на базе отдыха БелГУ значительно меньше ПДК. По данному показателю исследуемые питьевые воды нельзя отнести к классу хлоридных вод.

К важным микроэлементам питьевых вод относятся фторид- и йодид-ионы.

Содержание фторид-ионов в подземных водах колеблется в широких пределах от 0.3 до 4.6 мг/дм<sup>3</sup>. Хроническая интоксикация обычно развивается при употреблении питьевой воды с повышенным содержанием фторид-ионов (более 4 мг/л). Повышенные количества фтора в воде (более 1.5 мг/дм<sup>3</sup>) оказывают вредное действие на людей и животных, вызывая костное заболевание (флюороз). Содержание фтора в питьевой воде лимитируется. Однако очень низкое содержание фтора в питьевых водах (менее 0.01 мг/дм<sup>3</sup>) также вредно сказывается на здоровье, вызывая опасность заболевания кариесом зубов [28].

Содержание йодид-ионов в подземных водах колеблется в пределах от 0.1 до 3 мкг/л. Об источниках йода на планете, его биологической роли и о последствиях его дефицита для здоровья человека (эндемический зоб) было сказано в нашей предыдущей публикации [29]. Гойтерогенным свойством обладает также избыток йодидов, вызывающий зоб у лиц, питающихся морской пищей, богатой йодом, как например, в некоторых прибрежных районах Японии. Это действие йодидов, известное под названием «эффект Вольфа-Чайкова», объясняется, по-видимому, превращением активной формы йода в сложный анион  $I_3^-$  [30].

Содержание основных микроэлементов в водопроводной воде (фторид- и йодид-ионов) удовлетворяет нормативам физиологической полноценности. Ранее проведенные нами исследования показали дефицит йодид- и фторид-ионов в водопроводных водах большинства районов Белгородской области [29]. В этом отношении водопроводную воду природного парка «Нежеголь» можно считать удовлетворительной.

Концентрация фторид-ионов (1.53 мг/л) в минеральной воде из бювета природного парка «Нежеголь» практически удовлетворяет нормативам качества питьевых вод первой категории и немного превышает нормативы качества вод высшей категории, расфасованных в емкости, но в целом удовлетворяет нормативам физиологической полноценности. По данному показателю вода из бювета может конкурировать с некоторыми минеральными водами, производимыми в Белгородской области, в которых наблюдается либо избыток («Крещенский Родник», «Майская Хрустальная»), либо недостаток фторид-ионов («Ясный колодец», «Санинская», «AquaFuture») [31].

Нами установлено, что в воде из бювета концентрация йодид-ионов (0.132 мг/л) значительно больше, чем в водопроводной воде природного парка «Не-



жеголь» (0.05 мг/л). И вода из бювета обладает преимуществом по сравнению с водой ЦСПВ большинства районов Белгородской области, в которых концентрация йодид-ионов составляет от 0.005 до 0.02 мг/л, что соответствует слабой степени йодной недостаточности [29].

Показателями безопасности питьевых вод являются нитрат-ионы и тяжелые металлы.

Нитрат-ионы относятся к распространенным загрязнителям подземных вод. При длительном употреблении питьевой воды и пищевых продуктов, содержащих значительные количества нитратов (от 25 до 100 мг/дм<sup>3</sup> по азоту), резко возрастает концентрация метгемоглобина в крови. Крайне тяжело протекают метгемоглобинемии у грудных детей (прежде всего, искусственно вскарммливаемых молочными смесями, приготовленными на воде с повышенным – порядка 200 мг/дм<sup>3</sup> - содержанием нитратов) и у людей, страдающих сердечно-сосудистыми заболеваниями. Особенно опасны грунтовые воды и питаемые ими колодцы, поскольку в открытых водоемах нитраты частично потребляются водными растениями [32].

Содержание нитрат-ионов в питьевых водах природного парка «Нежеголь» не превышает предельно допустимых значений.

Как известно, к числу наиболее опасных загрязнителей природных вод относится группа поллютантов, называемых тяжелыми металлами [33, 34]. В данной работе проведена оценка питьевых вод по содержанию общего железа (II и III), меди и хрома (III) и (VI).

Железо относится к эссенциальным микроэлементам, необходимым для здоровья человека. В глубинных водах концентрация железа бывает очень высокой. В подземных водах с малыми значениями  $pH$  и с низким содержанием растворенного кислорода может наблюдаться концентрация железа до нескольких десятков миллиграммов в 1 л. В артезианских водах железо преимущественно присутствует в двухвалентном состоянии, обычно в виде растворенного гидрокарбоната –  $Fe(HCO_3)_2$ . Встречаются также карбонатная ( $FeCO_3$ ), сульфатная ( $FeSO_4$ ) и сульфидная ( $FeS$ ) формы соединений двухвалентного железа. В трехвалентном состоянии растворенное железо встречается крайне редко в виде сульфатов ( $Fe_2(SO_4)_3$ ) или растворимых органических комплексов.

Широко известна функция гемоглобина, содержащего железо (II), в переносе кислорода. Железо входит в состав более 70 различных ферментов [30]. О негативном влиянии недостатка и избытка железа на организм человека более подробно описано в наших предыдущих публикациях [35, 36].

Медь относится к биогенным, жизненно необходимым (незаменимым) элементам, металлам жизни. В настоящее время известно около 25 медьсодержащих белков и ферментов. Дефицит меди в организме может привести к разрушению эритроцитов [26]. Использование питьевой воды с содержанием ионных форм меди (3 мг/л) приводит к нарушению работы желудочно-кишечного тракта. [25, 26, 33, 37]. Известна болезнь Коновалова-Вильсона, которая связана с избыточным количеством меди в организме.

Содержание хрома в подземных водах находится в пределах от  $n \cdot 10$  до  $n \cdot 10^2$  мкг/дм<sup>3</sup>. Трехвалентный  $Cr$  (III) – один из наименее токсичных ионов металлов; сильный окислитель гексавалентный  $Cr$  (VI) уже более токсичен. В нейтральных растворах  $Cr$  (VI) существует в виде  $CrO_4^{2-}$ , но в организме человека и в других биологических системах сильно окисляющий  $Cr$  (VI) переходит в  $Cr$  (III), обратной реакции редокс-потенциал не благоприятствует. Хром является условно эссенциальным элементом. Хроматы и бихроматы вызывают изъязвления кожи, а в очень больших дозах вызывают повреждения свернутых почечных канальцев. По поводу канцерогенности хрома у исследователей нет единого мнения [37]. Есть данные, что результатом хронических отравлений солями хрома (VI) являются фиброз и рак легких [22].

Нами установлено, что содержание выше названных тяжелых металлов в водопроводной воде и воде из бювета природного парка «Нежеголь» не превышает значений ПДК для воды ЦСПВ и установленных нормативов качества для питьевых вод первой и высшей категории. Хром (VI) в воде из бювета обнаружен не был.



### Выводы

Из проведенной работы можно сделать следующие выводы:

Экологическое состояние реки Нежеголь можно считать удовлетворительным в районе базы отдыха БелГУ «Титовка», так как она по 14 показателям химического состава не превышает предельно допустимых значений.

Водопроводная вода природного парка «Нежеголь» по показателю общей жесткости превышает гигиенические требования, а по остальным показателям удовлетворяет нормативам качества для питьевых вод.

Минеральная вода из бювета по большинству показателей превосходит по качеству водопроводную воду парка «Нежеголь».

По содержанию фторид-ионов вода из бювета может составить конкуренцию некоторым минеральным водам, производимым в Белгородской области.

### Список литературы

1. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Трутнев Ю.П. Доклад о принимаемых мерах по воспроизводству, сохранению, рациональному использованию природных ресурсов и развитию минерально-сырьевой базы в Российской Федерации, от 25.11.2005. [http://www.mnr.gov.ru/news/detail.php?ID=14308&sphrase\\_id=17105](http://www.mnr.gov.ru/news/detail.php?ID=14308&sphrase_id=17105)
2. Онищенко Г.Г. Вода и здоровье // Экология и жизнь. – 1999. – №4. – С. 86-92.
3. Областная целевая программа модернизации объектов водопроводно-канализационного комплекса Белгородской области для улучшения обеспечения качественной питьевой водой и организации водоотведения на 2007-2010 годы: Постановление Правительства Белгородской области от 21 декабря 2006 г. – 56 с.
4. Дударев В. Первым делом – в Титовку // Будни. – 2010. – №5(608). – С.3.
5. Государственный контроль качества воды. – М.: ИПК. Изд-во стандартов, 2001. – 698 с.
6. ГОСТ 23268.3-78 «Воды минеральные питьевые лечебные, лечебно-столовые и природные столовые. Методы определения гидрокарбонат-ионов», 1978.
7. ГОСТ 4389-72 «Вода питьевая. Методы определения содержания сульфат-ионов», 1974.
8. ГОСТ 23268.17-78 «Воды минеральные питьевые лечебные, лечебно-столовые и природные столовые. Методы определения хлорид-ионов», 1978.
9. ГОСТ 18826-73 «Вода питьевая. Методы определения содержания нитратов», 1974.
10. ГОСТ 4011-72 «Вода питьевая. Методы измерения массовой концентрации общего железа», 1974.
11. ГОСТ 4388-72 «Вода питьевая. Методы определения массовой концентрации меди», 1974.
12. ГОСТ Р 52962-2008 «Вода. Методы определения содержания хрома (VI) и общего хрома», 2008.
13. ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования». – Москва, 2003.
14. Государственный комитет Российской Федерации по рыболовству "Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций и ориентировочно безопасных уровней воздействия вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение". – Москва, 1999.
15. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши./ Под ред. А.Д. Семёнова. – Л.: Гидрометеоиздат, 1977.
16. Вредные химические вещества. Неорганические соединения I-IV групп: справ. изд. / Под ред. В.А. Филова. – Л.: Химия, 1988. – 432 с.
17. Справочник по гидрохимии./ Под ред. А.М. Никанорова. -Л.: Гидрометеоиздат, 1988.
18. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справочные материалы / Под ред. Т.В. Гусевой. – М.: Форум, Инфра-М, 2010. – 192 с.
19. Зенин А.А., Белоусова Н.В. Гидрохимический словарь.- Л.: Гидрометеоиздат, 1988.
20. Никаноров А.М. Гидрохимия: учеб. пособие - Л.: Гидрометеоиздат, 1989.
21. Вредные химические вещества. Неорганические соединения V-VIII групп: Справ. изд./ Под ред. В.А. Филова и др. – Л.: "Химия", 1989
22. Токсикологическая химия / Под ред. Т.В. Плетеневой.- М.: ГЭОТАР – Медицина, 2005. – 512 с.



23. Голдовская Л.Ф., Мазикин А.В., Перистый В.А., Рудычева Т.А. Исследование химического состава воды и некоторых гидробионтов рек Нежеголь и Корень // Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции «Экологическая безопасность и здоровье людей в XXI веке» (10-12 октября 2000 г.). – Белгород, 2000. – С.19-23.
24. СанПиН 2.1.4. 1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества». – Москва, 2002 г.
25. СанПиН 2.1.4. 1116-02 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества». – Москва, 2002.
26. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов ; Под ред. Ю.А. Ершова. – М.: Высшая школа, 2000. – 560 с.
27. Посохов Е.В., Толстихин Н.И. Минеральные воды (лечебные, промышленные и энергетические). – Л.: Недра, 1977. – 240 с.
28. Панкеев И.А., Рыбальский Н.Г., Думнов А.Д., Снакин В.В., Федоров А.В., Горбатовский В.В. Окружающая среда России на рубеже тысячелетий. Популярный доклад о состоянии окружающей природной среды в России. – М.: РЭФИА, НИА-Природа, 2003. – 80 с.
29. Голдовская-Перистая Л.Ф., Перистый В.А., Шапошников А.А., Денисов Е.А. Содержание йода и фтора в воде централизованных систем питьевого водоснабжения Белгородской области // Научные ведомости БелГУ. Серия Естественные науки. – 2010. – Выпуск 11, №9 (80). – С.124-130.
30. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология / А.П. Авцын, А.А. Жаворонков, М.А. Риш, Л.С. Строчкова.- М.: Медицина, 1991. – 496 с.
31. Перистый В.А., Перистая Л.Ф., Индина И.В. Характеристика минеральных вод Белгородской области по содержанию фторид-ионов // Сборник статей II Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы химической науки, практики и образования». – Курск, 2011. – С. 311-315.
32. Справочник по проектированию и бурению скважин на воду / Под ред. А.С.Белецкого – СССР, 1983.
33. Голдовская Л.Ф. Химия окружающей среды. – 2-е изд. – М.: Мир; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 295 с.
34. Лозановская И.Н., Орлов Д.С., Садовникова Л.К. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении. – М.: Высшая школа, 1998. – 287 с.
35. Голдовская-Перистая Л.Ф., Перистый В.А. Шапошников А.А. Гигиеническая оценка качества питьевой воды централизованной системы водоснабжения Белгородской области по некоторым химическим показателям // Научные ведомости БелГУ. Серия Естественные науки. – 2008. – Выпуск 6, №3(43). – С.140-146.
36. Голдовская-Перистая Л.Ф., Перистый В.А., Шапошников А.А., Денисов Е.А. Оценка качества питьевой воды Белгородской области по химическому составу и свойствам // Научные ведомости БелГУ. Серия Естественные науки. – 2008. – Вып.7, №7(47). – С.66-70.
37. Некоторые вопросы токсичности ионов металлов. Пер. с англ. / Под ред. Х. Зигеля, А. Зигель. – М.: Мир, 1993. – 368 с.

## CHEMICAL AND ECOLOGICAL AS WELL AS HYGIENIC ESTIMATION OF WATER OF THE NATURAL PARK «NEZHEGOL»

**L.F. Peristaya, I.V. Indina  
V.A.Peristy, Ju.N.Kozyreva**

*Belgorod State National Research  
University*

*Pobedy St., 85, Belgorod, 308015,  
Russia*

*E-mail: peristaya@bsu.edu.ru*

The investigation of chemical composition of river and drinking water from the natural park «Nezhegol» on 14 indicators has been carried out. It is found that the ecological state of the river Nezhegol is satisfactory. As for total hardness running water exceeds hygienic requirements, but other values correspond to quality requirements for drinking water. Mineral water from the well-room surpasses in fineness running water on the most part of indicators, as for fluoride ions content it can compete with some mineral waters, produced in the Belgorod region.

Key words: river water, drinking water, cationic-anionic composition, main microelements, safety indicators.